



AUSLEGESCHRIFT

1 282 987

Int. Cl.:

G 01 d

Deutsche Kl.:

42 d - 1/12

Nummer:

1 282 987

Aktenzeichen:

P 12 82 987.7-52 (P 35260)

Anmeldetag:

12. Oktober 1964

Auslegetag:

14. November 1968

1

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur berührungslosen Messung von Relativverschiebungen rotierender Wellen gegenüber einem Bezugspunkt, mit einem mit der Welle rotierenden Impulsgeber, dessen Impulse während einer bestimmten Meßzeit periodisch gezählt und angezeigt werden und bei der die Welle wenigstens eine keilförmige Markierung trägt, der gegenüber eine Spule enthaltender Aufnehmer als Bezugspunkt angeordnet ist.

Derartige Anordnungen werden z. B. zur Messung der zwischen dem Läufer und dem Gehäuse infolge unterschiedlicher Temperaturzunahmen auftretenden Verschiebung an Turbinen, Verdichtern od. ä. verwendet.

Zur Messung von Verschiebungen der genannten Art sind bereits verschiedene Verfahren bekannt. So werden bei induktiven Verfahren zwei offene Spulen auf beiden Seiten eines Flansches, Ringes oder Bundes angeordnet, die elektrisch eine Hälfte einer Wheatstoneschen Brücke bilden (vgl. zum Beispiel »Taschenbuch für die elektronische Meßtechnik«, 1960, S. 237, 238). Eine Verschiebung der Welle führt zu einer Verformung der im Normalzustand abgeglichenen Brücke, und die hierbei auftretende Meßspannung ist ein Maß für die Verschiebung der Welle. Solange die auftretende Verschiebung ausreichend klein gegenüber dem Luftspalt ist, ist die abgegebene Meßspannung proportional der Verschiebung. Bei modernen Hochleistungsturbinen können jedoch Verschiebungen von z. B. ± 15 mm auftreten, die entsprechend große Luftspalte von je etwa 90 mm erfordern, wenn auch hier noch eine ausreichende Linearität sichergestellt sein soll. Es bereitet jedoch erhebliche Schwierigkeiten, Meßanordnungen solcher Ausmaße in den Gehäusen moderner Maschinen unterzubringen. Hinzu kommt als weiterer Nachteil, daß die Meßempfindlichkeit bei derart großen Luftspalten sehr gering wird.

Ein weiteres bekanntes Meßverfahren ist das Impulsvergleichsverfahren. Bei diesem wird die Zeitdifferenz zwischen zwei Impulsen als Maß für die aufgetretene Verschiebung betrachtet. Ein an der Oberfläche der Welle angebrachter Stift erzeugt bei rotierender Welle in zwei in axialer Richtung der Welle keilförmig angeordneten schneidenförmigen Magnetjochen Spannungsimpulse, deren zeitlicher Abstand — bei konstanter Drehzahl der Welle — von der Lage des Stiftes gegenüber den Jochen abhängt (vgl. zum Beispiel »Elektronische Rundschau«, 1962, S. R 28).

Die entsprechenden Impulse werden einer Torschaltung zugeführt. Der erste Impuls öffnet, der

Anordnung zur berührungslosen Messung von Relativverschiebungen rotierender Körper

Anmelder:

Philips Patentverwaltung G. m. b. H.,
2000 Hamburg 1, Mönckebergstr. 7

Als Erfinder benannt:

Dipl.-Ing. Jürgen Steinhauer,
2000 Hamburg-Langenhorn-Nord

2

zweite schließt das Tor. Dadurch ist das Produkt Strom mal Zeit (bei konstantem Strom) dem Impulsabstand und damit der Verschiebung proportional.

Der Nachteil dieses Verfahrens ist, daß das Auf- und Zusteuern der Torschaltung zur Ermittlung des Zeitintervalls t durch Impulse geschieht. Bei dem im allgemeinen großen Störpegel an der Turbinenanlage ist es deshalb möglich, daß Störimpulse auf die beiden Steuerleitungen den Meßzyklus beeinflussen. Ein weiterer Nachteil ist, daß die Meßimpulse durch einen Induktionsvorgang erzeugt werden, so daß eine gewisse Mindestrelativgeschwindigkeit zwischen Meßstift und Spule vorhanden sein muß. Langsame Drehbewegungen, wie z. B. beim An- und Auslaufen der Maschine, können dabei nicht mehr erfaßt werden. Weiterhin wird der Meßbereich einer solchen Anlage durch die Form des speziellen Relativdehnungsgebers bestimmt, nämlich durch den Winkel, unter dem die beiden Schneiden angeordnet sind. Um eine Vielzahl von Meßbereichen bei günstigster Ausnutzung der Meßbasis zu überstreichen, müßten auch viele Spezialaufnehmer vorhanden sein. Die Meßgenauigkeit dieser Einrichtung hängt weitgehend von der Fertigungsgenauigkeit dieser V-förmig angeordneten Schneiden ab. Da aber deren Abmessungen zwangsläufig klein sein müssen, ergibt sich nur eine geringe Meßbasis, und Fertigungsfehler haben einen relativ großen Einfluß auf die Genauigkeit des Meßergebnisses.

Ferner sind auch Anordnungen zur elektronischen Messung von Drehzahlen bekannt, bei denen die von einem mit der Welle rotierenden Impulsgeber in einem ortsfesten Aufnehmer erzeugten Impulse während einer bestimmten Meßzeit periodisch gezählt werden, so z. B. aus »Elektronische Rundschau«, Heft 8/1960, S. 324 bis 326, und aus »Elektronik«, Heft 2/1960, S. 53 bis 54. Auch ist es bekannt, das

809 637/1138

BEST AVAILABLE COPY

einer Verschiebung unterworfenen Bauteil mit wenigstens einer keilförmigen Markierung zu versehen; der gegenüber sich ein fester Bezugspunkt befindet, so z. B. aus der britischen Patentschrift 811 669 und der schweizerischen Patentschrift 335 122.

Die oben beschriebenen Nachteile werden bei der erfindungsgemäßen Anordnung nur dadurch vermieden, daß die Spule die Schwingkreisinduktivität eines LC-Oszillators bildet und daß die Ausgangssignale des Impulsgebers und des Oszillators den Eingängen eines UND-Gatters zugeführt sind, dessen Ausgang in an sich bekannter Weise mit dem Eingang einer Zähl- und Anzeigevorrichtung verbunden ist.

Dabei dient, wie noch ausführlich beschrieben wird, der Oszillator lediglich als Schalter zum Öffnen oder Schließen des UND-Gatters, wodurch die vom rotierenden Impulsgeber erzeugten Impulse periodisch gezählt werden.

Die keilförmige Markierung kann z. B. aus einer Ausfräsung in der Welle bestehen. Genauso gut kann die Abtastung mit optischen oder ähnlichen Mitteln erfolgen, wobei die Markierung auf der Scheibe dem jeweils verwendeten Verfahren angepaßt sein muß, z. B. als Hell-Dunkel-Markierung bei optischer Abtastung.

An Hand der Zeichnung wird die Erfindung näher erläutert. Darin zeigt

Fig. 1 eine Abwicklung der Meßscheibe mit einer keilförmigen Ausfräsung,

Fig. 2 einen Schnitt durch die Meßscheibe längs der Linie A-B in Fig. 1,

Fig. 3 das Blockschaltbild einer solchen Meßanordnung,

Fig. 4 das Blockschaltbild einer solchen Anordnung für z. B. vier Meßstellen,

Fig. 5 das Blockschaltbild einer solchen Anordnung zur Gewinnung einer analogen Anzeige.

Die Meßscheibe 1, deren Abwicklung Fig. 1 und 2 zeigen, ist auf der Welle montiert, deren Verschiebung gemessen werden soll. Zwischen den erhöhten Teilen 2 und 3 befindet sich eine keilförmige Aussparung 4, über der die Abtastspule 5 angeordnet ist. Ferner ist ein mit der Welle starr gekuppelter, rotierender Impulsgeber 7 (Fig. 3) vorgesehen, der pro Wellenumdrehung eine bestimmte Anzahl von Impulsen liefert. Der Tastkopf 5 wirkt als »berührungsloser Schalter« und enthält eine Spule, die die Induktivität eines LC-Schwingkreises bildet. Dieser Schwingkreis ist Teil einer Oszillatorschaltung, die mit der durch L und C gegebenen Eigenfrequenz schwingt. Nähert man nun der Spule einen Metallkörper, so wird der Schwingkreis bedämpft, und die Schwingung setzt aus. Man erhält somit am Ausgang dieser Schaltung ein binäres Signal, je nachdem, ob sich ein Metallkörper vor der Spule befindet oder nicht. Beim Abtasten der Meßscheibe gibt diese Abtastschaltung also immer dann eine Ausgangsspannung ab (»L«-Signal in der logischen Schreibweise), wenn sich die Spule gegenüber der Aussparung 4 befindet. Steht die Tastspule jedoch über dem vollen Scheibenmaterial (2, 3, Fig. 1), so setzt die Schwingung im Oszillatorkreis aus, und die Ausgangsspannung ist Null (»0«-Signal in der logischen Schreibweise). Das Umschalten dieser Abtastschaltung ist somit völlig unabhängig von der Relativgeschwindigkeit zwischen Scheibe und Spule. Es sind auch schleichende Bewegungsvorgänge zu erfassen.

Selbstverständlich kann an Stelle der in Fig. 1 und 2 dargestellten Keilform auch jede andere, den Erfordernissen entsprechende Keilform verwendet werden.

Bei einem Umlauf der Welle und damit auch der Meßscheibe gibt der Tastkopf beim Überstreichen des Weges w ein »L«-Signal ab und beim Überstreichen der Strecke $U-w$ ein »0«-Signal. Die Strecke w ist jedoch eine Funktion der axialen Verschiebung s zwischen Scheibe und Tastkopf der Form

$$w = w_0 + s \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

wobei w_0 die überfahrene Strecke in der Nullage der Meßanordnung ist.

Die Meßanordnung arbeitet folgendermaßen: Das Ausgangssignal des Oszillators 5 (Fig. 3) und die Ausgangsimpulse des Impulsgebers 7 gelangen an ein UND-Gatter 8. Während der Zeit, in der die Abtastspule ein »L«-Signal abgibt, gelangen also Zählimpulse an den Eingang eines elektronischen Zählers 9, und zwar genau so viele, wie der Strecke w entsprechen. Da Impulsgeber und Welle starr gekuppelt sind, entspricht ein Impuls $1/n$ des Meßscheibenumfangs, wenn n die Anzahl der Impulse pro Umdrehung ist. Man erhält also bereits nach einem Umlauf der Turbinenwelle einen Meßwert, der in digitaler Form am Ende des Zählvorganges im elektronischen Zähler steht. Das Ergebnis wird auf einem Sichtgerät 10 angezeigt, welches auch den Meßwert bis zum Eintreffen einer neuen Information speichert. Vor Beginn jeder Messung muß das im Zähler vorhandene Meßergebnis gelöscht werden. Da nun aber in der sogenannten Nullage der Meßeinrichtung bereits ein bestimmter Meßweg w_0 gemessen wird, genügt es nicht, den Zählerstand auf Null zu löschen. Der Zähler muß vielmehr vor der Messung auf den Wert $-w_0$ gesetzt werden. Von diesem Wert aus werden Impulse während der Messung aufaddiert. Ist der Meßwert $w < w_0$, verbleibt ein negativer Zählerstand, ist $w = w_0$, wird auf dem Sichtgerät Null angezeigt, ist $w > w_0$, ergibt sich eine positive Verlagerung. Die Steuerung des Zählers sowie die Speicherbefehle für das Sichtgerät und das Rücksetzen des Zählers auf $-w_0$ erfolgen durch das Steuergerät 11.

Man erkennt hieraus, daß das Meßverfahren bezüglich Meßbereich und Nullpunktlage sehr flexibel ist. Der Meßbereich einer solchen Einrichtung wird lediglich durch den Steigungswinkel α der Meßscheibe bestimmt, die Nullage durch den sogenannten »reset«-Wert $-w_0$, der sich an einem Zähler leicht einstellen läßt.

Das Meßergebnis wird theoretisch nicht kontinuierlich angezeigt, da zum Ermitteln eines Meßwertes ein voller Überlauf der keilförmigen Markierung erforderlich ist. Da sich jedoch die Verlagerung s , die z. B. durch thermische Veränderungen an der Maschine hervorgerufen wird, nur langsam ändert, andererseits die Drehzahlen im allgemeinen genügend hoch sind, erhält man innerhalb eines kurzen Zeitintervalls sehr viele Einzelmeßwerte (bei einer Drehzahl von 3000 U/min: 50 Meßwerte pro Sekunde). Dies entspricht dann praktisch einer kontinuierlichen Anzeige.

Da bei dieser Anordnung nicht mit kleinen analogen Meßspannungen, sondern mit digitalen Signalen gearbeitet wird, ist ein kontaktloses Abfragen mehrerer Relativmeßstellen mittels nur eines Zählgerätes ohne

weiteres möglich. Man benötigt bei einer derartigen Anordnung pro Meßstelle einen Tastkopf mit Meßscheibe sowie einen Digitalanzeiger mit dazugehörigem Speicher sowie einen elektronischen Zähler 9 und einen Meßstellenumschalter 12 (Fig. 4). Der relativ aufwendige elektronische Zähler sowie der rotierende Impulsgeber 7 werden jedoch nur ein einziges Mal benötigt. Bei i Meßstellen und 3000 U/min werden bei schnellstem Abfragezyklus 50/ i Meßwerte pro Sekunde und Meßstelle geliefert. Fig. 4 zeigt das Blockschaltbild einer derartigen Meßanordnung für z. B. vier Meßstellen.

An jedes Digitalsichtgerät können mehrere Digital-sollwertsteller angeschlossen werden. Bei Überschreitung des dort eingestellten Sollwertes wird ein Ausgangssignal gegeben, das z. B. zur Alarmierung oder aber als Meldesignal für eine elektronische Anfahr-automatik der Maschine benutzt werden kann. Außerdem können die Meßwerte über einen digitalen Meßwertdrucker ausgedruckt werden, wobei alle an einer Maschine interessierenden Größen auf einem Journal mit gleichzeitiger Angabe von Datum und Uhrzeit zusammengefaßt werden können. Da die Verlagerungsmeßwerte in digitaler Form vorliegen, können sie auch an einen Prozeßleitreechner weitergegeben werden, der diese Werte zur Steuerung, z. B. einer Turbine, rechnerisch verarbeitet.

Selbstverständlich ist an Stelle der soeben beschriebenen digitalen auch eine analoge Anzeige möglich. Diese kann entweder durch einen zusätzlichen Digital-Analog-Wandler mit nachgeschaltetem Anzeige- und/oder Registriergerät erfolgen oder aber nach der in Fig. 5 dargestellten Methode vorgenommen werden.

Hierzu wird wiederum eine Meßscheibe mit einer keilförmigen Markierung verwendet. Während bei der digitalen Meßmethode nur eine solche Markierung erforderlich ist, werden hier vorzugsweise zwei oder mehr Ausfräsungen verwendet. Beim Überstreichen des Meßweges w gibt die Abtastschaltung, bestehend aus Spule 5 und Oszillator 6, ein »L«-Signal ab, das in einem nachfolgenden Schmitt-Trigger 13 in Rechtecke umgeformt wird. Das Ausgangssignal des Schmitt-Triggers wird in einem Schaltverstärker 14 verstärkt und reicht aus zur Ansteuerung z. B. eines Drehspulinstrumentes 15. Beim Anschluß eines Registriergerätes 16 wird zweckmäßigerweise noch ein Glättungsfilter 17 zwischen Verstärker 14 und Registriergerät 16 geschaltet. Die integrierte Ausgangsspannung U_a ist von der Relativverschiebung s linear abhängig. Gegebenenfalls muß die durch den Meßweg w_0 (Fig. 1) hervorgerufene konstante Spannung mittels einer Gegenspannung ausgeglichen oder aber durch Meßbereichsanpassung im Registriergerät bzw. Drehspulinstrument unterdrückt werden.

Gegenüber bekannten Anordnungen ergeben sich somit durch die erfindungsgemäße Anordnung verschiedene Vorteile. So ist der Meßbereich nur durch die Form der Markierung bestimmt und kann jeder praktisch vorkommenden Verschiebung angepaßt werden. Ferner ist die durch das Auflösungsvermögen

bedingte Meßgenauigkeit sehr hoch. Bei 200 Impulsen pro Umdrehung ergibt sich eine Auflösung von etwa 5‰. Ein wesentlicher weiterer Vorteil ist die völlige Unabhängigkeit der Meßgenauigkeit von der Wellendrehzahl.

Auch Störfelder oder Temperaturschwankungen bleiben ohne Einfluß auf die Meßgenauigkeit. Die Abmessungen der Meßscheibe können so klein gehalten werden, daß ein Einbau auch bei beschränktem Raum keine Schwierigkeiten bietet.

Außerdem ergibt sich aus der digitalen Darstellungsform des Meßwertes die Möglichkeit der numerischen Registrierung und Datenverarbeitung.

Patentansprüche:

1. Anordnung zur berührungslosen Messung von Relativverschiebungen rotierender Wellen gegenüber einem Bezugspunkt, mit einem mit der Welle rotierenden Impulsgeber, dessen Impulse während einer bestimmten Meßzeit periodisch gezählt und angezeigt werden und bei der die Welle wenigstens eine keilförmige Markierung trägt, der gegenüber ein eine Spule enthaltender Aufnehmer als Bezugspunkt angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Spule (5) die Schwingkreisinduktivität eines LC-Oszillators (6) bildet, und daß die Ausgangssignale des Impulsgebers (7; Impulse) und des Oszillators (6; L-0-Signale) den Eingängen eines UND-Gatters (8) zugeführt sind, dessen Ausgang in an sich bekannter Weise mit dem Eingang einer Zähl- und Anzeigevorrichtung (9, 10, 11) verbunden ist.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die keilförmige Markierung aus einer Ausfräsung in der Welle besteht.

3. Abwandlung der Anordnung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Markierung (3, 4) aus keilförmigen Hell-Dunkel-Flächen und der Aufnehmer (5) aus einem photoelektrischen Element besteht.

4. Anordnung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zähl- und Anzeigevorrichtung (9, 10, 11) mit Sollwertstellern versehen sind.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur analogen Meßwertanzeige ein Impulsformer (13), ein Verstärker (14) und ein Anzeige- und/oder Registriergerät (16) vorgesehen sind.

6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Impulsformer (13) ein Schmitt-Trigger vorgesehen ist.

In Betracht gezogene Druckschriften:

Deutsche Auslegeschrift Nr. 1 138 240;
britische Patentschrift Nr. 811 669;
USA.-Patentschrift Nr. 2 994 051;
Elektronik (1960), Nr. 2, S. 53 und 54;
Elektronische Rundschau (1960), Nr. 8, S. 324 bis 326.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

Fig. 2

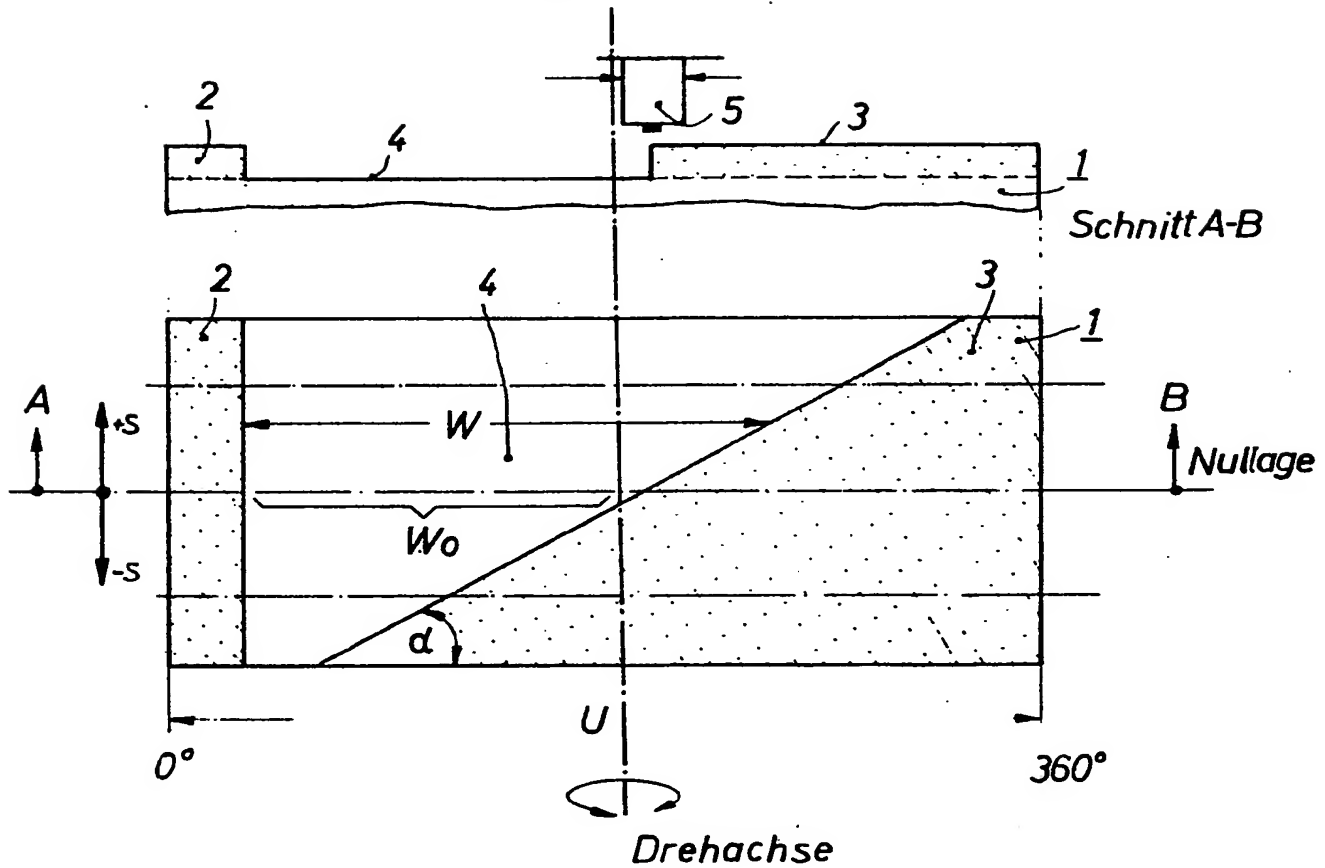


Fig. 1

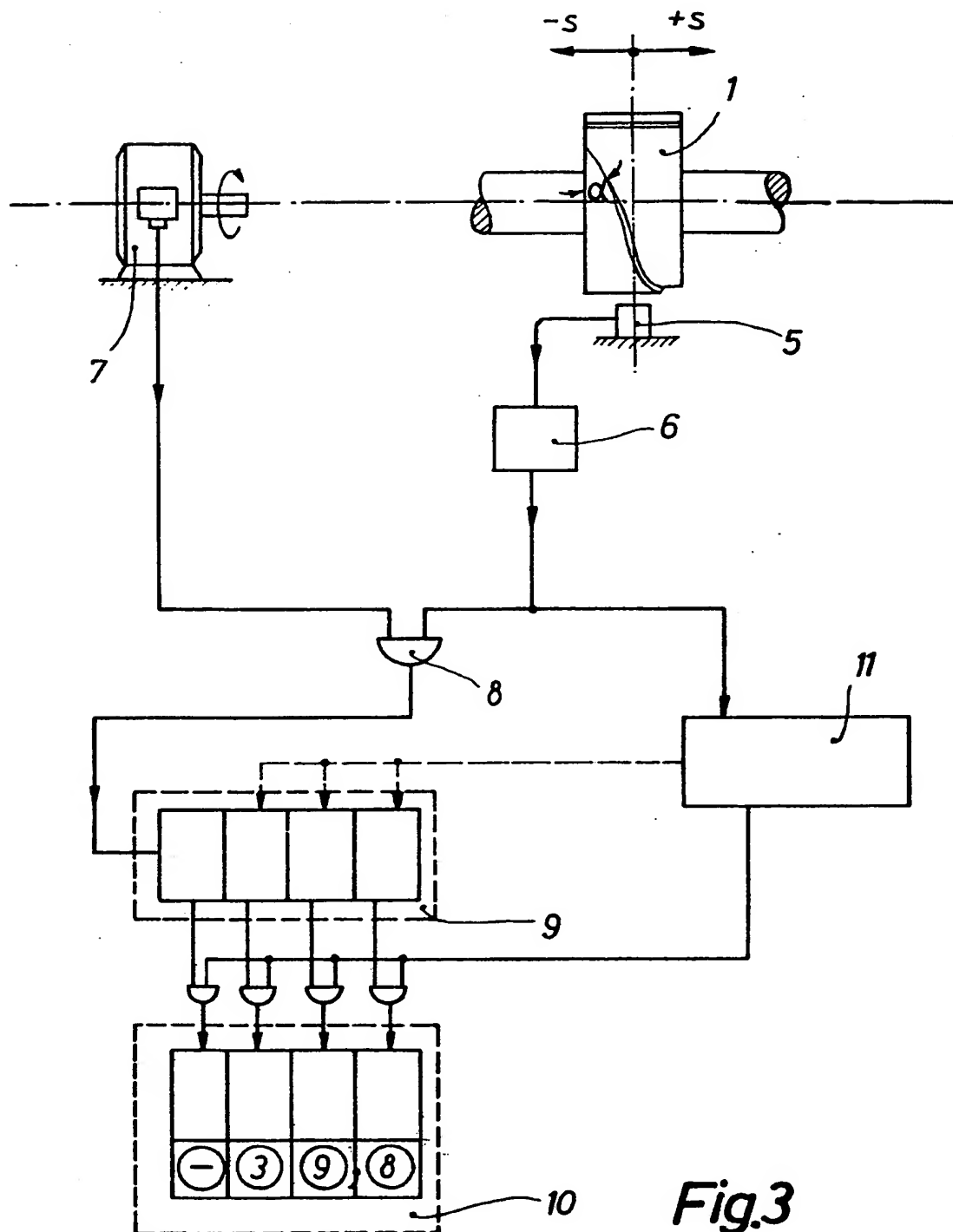
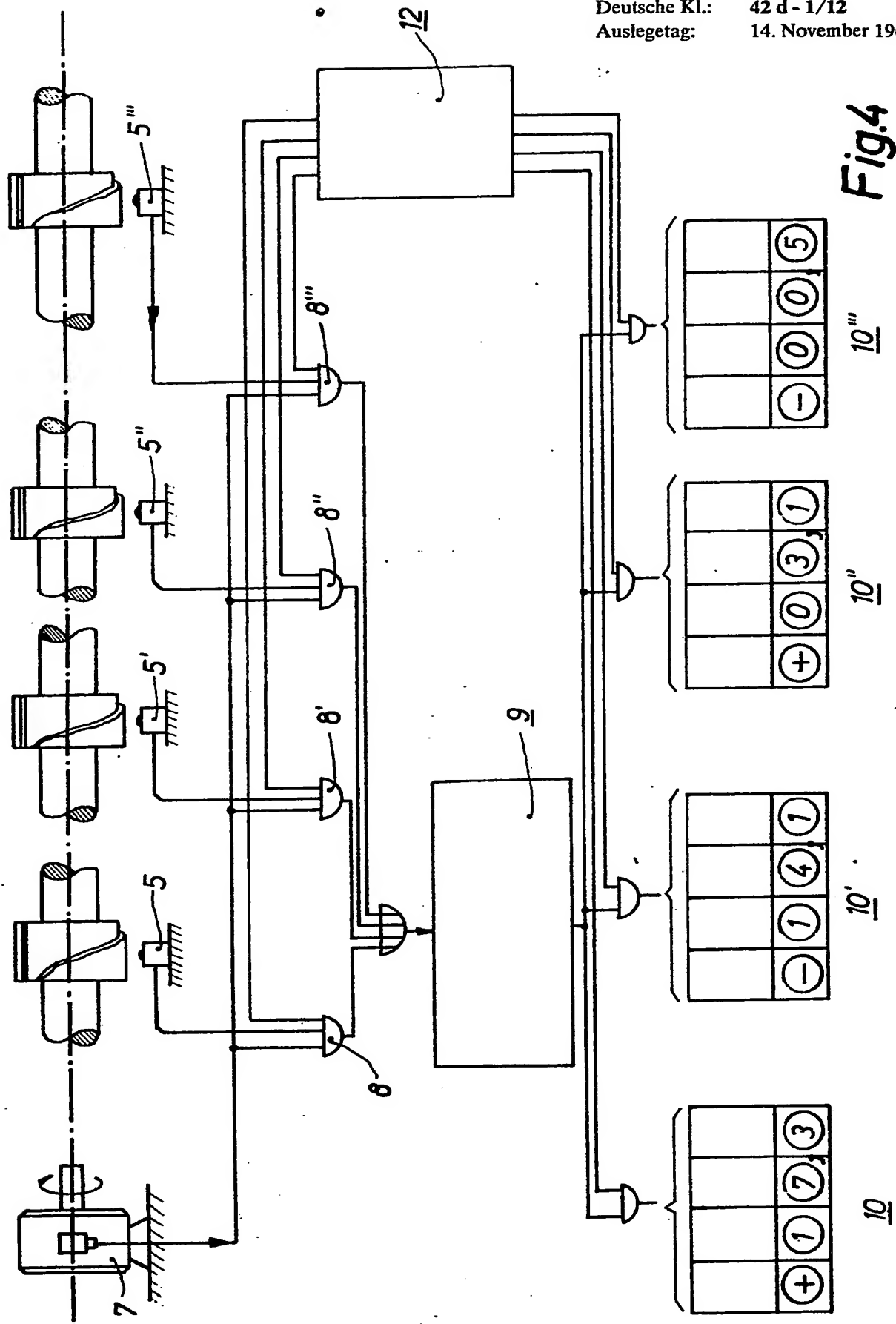


Fig.3



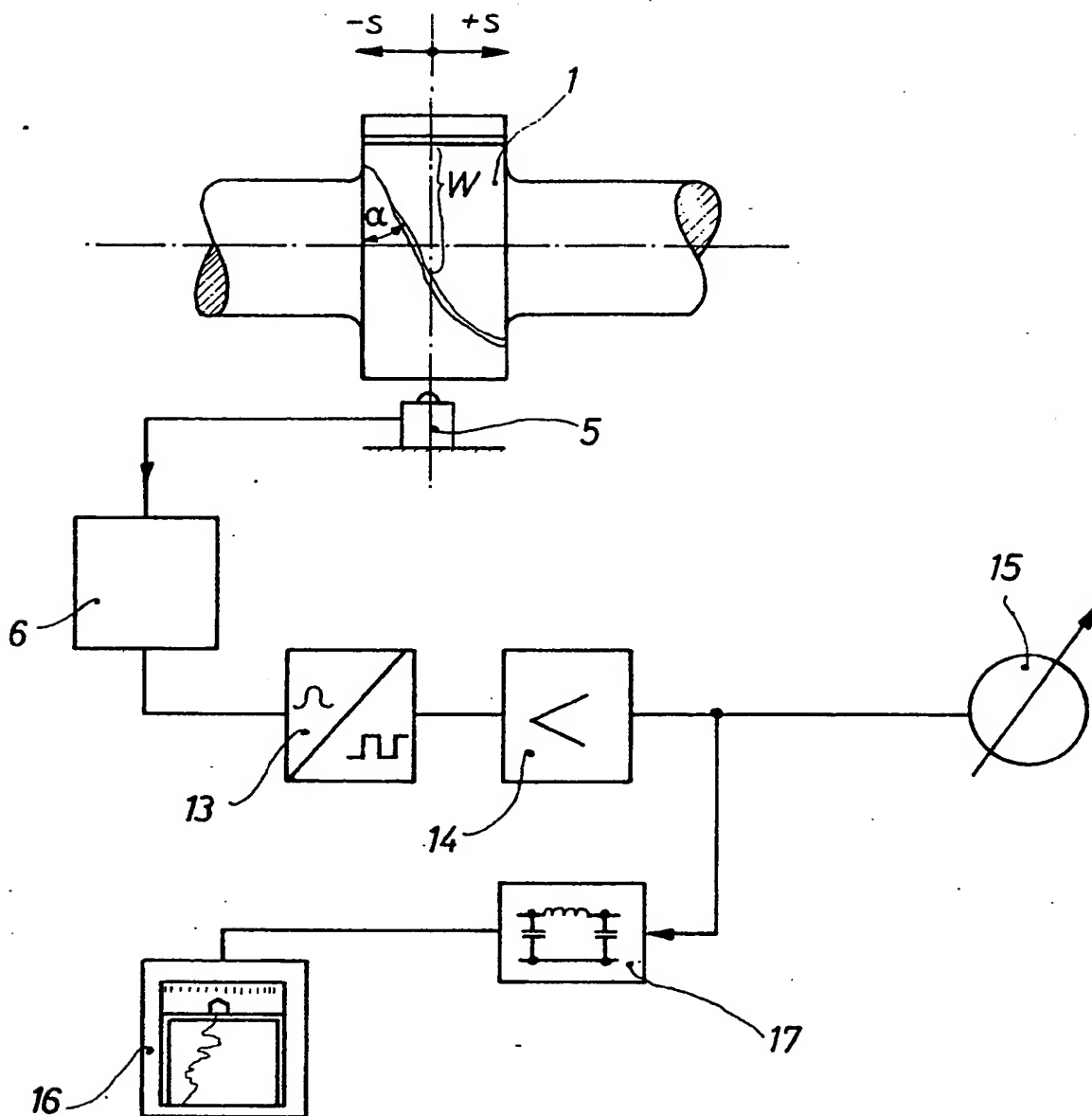


Fig.5